

Docket No.: 48864-043

PATENT

jc997 U.S. PTO  
10/066609  
02/06/02

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of

Koji FUJIWARA

Serial No.:

Group Art Unit:

Filed: February 06, 2002

Examiner:

For: METHOD FOR PROCESSING IMAGE DATA AND MODELING DEVICE

**CLAIM OF PRIORITY AND  
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents  
Washington, DC 20231

Sir:

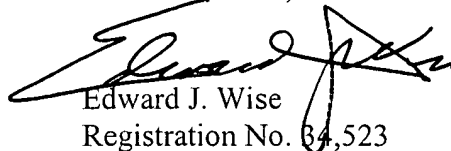
In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicant hereby claims the priority of:

**Japanese Patent Application No. 2001-033179, filed February 9, 2001**

cited in the Declaration of the present application. A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY

  
Edward J. Wise  
Registration No. 34,523

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
(202) 756-8000 EJW:mlw  
**Date: February 6, 2002**  
Facsimile: (202) 756-8087

48864-043  
Keji FUJIWARA  
February 6, 2002

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 2月 9日

出 願 番 号

Application Number:

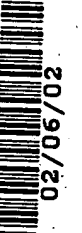
特願2001-033179

出 願 人

Applicant(s):

ミノルタ株式会社

JC997 U.S. PRO  
10/066609

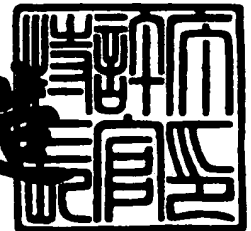


CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年11月 9日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 進



【書類名】 特許願

【整理番号】 TL03999

【提出日】 平成13年 2月 9日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06T 7/00

【発明の名称】 画像データ処理方法およびモデリング装置

【請求項の数】 14

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目 3 番 1 3 号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

    【氏名】 藤原 浩次

【特許出願人】

    【識別番号】 000006079

    【氏名又は名称】 ミノルタ株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100086933

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 久保 幸雄

    【電話番号】 06-6304-1590

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 010995

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

    【包括委任状番号】 9716123

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像データ処理方法およびモデリング装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体を視点を変えて撮影して得た複数の画像から、前記物体に対応した部分である物体領域を抽出する画像データ処理方法であって、

前記物体領域の抽出を画像毎に順次行い、2 番目以降の画像についての抽出に際しては、それ以前に行われた抽出の結果を参照する

ことを特徴とする画像データ処理方法。

【請求項 2】

物体を視点を変えて撮影して得た複数の画像から、前記物体に対応した部分である物体領域を抽出する画像データ処理方法であって、

前記複数の画像を撮影したときのカメラと物体との相対位置関係および結像に係る光学パラメータを示す撮影条件データを取得するステップと、

1 つの画像における物体領域を、他の画像から抽出された物体領域および当該他の画像に係る撮影条件データに基づいて推定するステップとを有する

ことを特徴とする画像データ処理方法。

【請求項 3】

1 つの画像における物体領域を推定するステップでは、当該処理対象の画像と処理に利用する他の画像とを撮影条件データに基づいて仮想的に 3 次元配置し、当該他の画像から抽出された物体領域と撮影条件データとで定まる視体積を当該処理対象の画像に投影することによって物体領域を推定する

請求項 2 記載の画像データ処理方法。

【請求項 4】

1 つの画像における物体領域を推定するステップでは、当該処理対象の画像と処理に利用する他の複数の画像とを撮影条件データに基づいて仮想的に 3 次元配置し、当該他の複数の画像から抽出された物体領域と撮影条件データとで定まる複数の視体積を当該処理対象の画像に投影し、投影像どうしが重なる領域を求めることによって物体領域を推定する

請求項 2 記載の画像データ処理方法。

【請求項 5】

1 つの画像における物体領域を推定するステップでは、当該処理対象の画像と処理に利用する他の複数の画像とを撮影条件データに基づいて仮想的に 3 次元配置し、当該他の複数の画像から抽出された物体領域と撮影条件データとで定まる複数の視体積どうしの仮想 3 次元空間での交わり部分を、当該処理対象の画像に投影することによって物体領域を推定する

請求項 2 記載の画像データ処理方法。

【請求項 6】

推定された物体領域を、当該物体領域を含む画像についてのデータ処理によって修正するステップを有する

請求項 2 記載の画像データ処理方法。

【請求項 7】

推定された物体領域を、推定された物体領域以外の部分である背景領域の色情報を用いて修正するステップを有する

請求項 2 記載の画像データ処理方法。

【請求項 8】

物体を視点を変えて撮影して得た複数の画像から、前記物体に対応した部分である物体領域を抽出する画像データ処理装置であって、

前記複数の画像を撮影したときのカメラと物体との相対位置関係および結像に係る光学パラメータを示す撮影条件データを取得する手段と、

1 つの画像における物体領域を、他の画像から抽出された物体領域および当該他の画像に係る撮影条件データに基づいて推定する手段とを有する

ことを特徴とする画像データ処理装置。

【請求項 9】

前記物体領域を推定する手段は、処理対象の画像と処理に利用する他の画像とを撮影条件データに基づいて仮想的に 3 次元配置し、当該他の画像から抽出された物体領域と撮影条件データとで定まる視体積を当該処理対象の画像に投影することによって物体領域を推定する

請求項 8 記載の画像データ処理装置。

【請求項 1 0】

推定された物体領域を修正する手段を有する

請求項 8 記載の画像データ処理装置。

【請求項 1 1】

前記物体領域を修正する手段は、前記視体積を投影した画像を表示する機能をもつ

請求項 1 0 記載の画像データ処理装置。

【請求項 1 2】

物体を視点を変えて撮影して得た複数の画像に基づいて当該物体の 3 次元形状を推定するモデリング方法であって、

前記複数の画像を撮影したときのカメラと物体との相対位置関係および結像に係る光学パラメータを示す撮影条件データを取得するステップと、

1 つの画像における前記物体に対応した部分である物体領域を、他の画像から抽出された物体領域および当該他の画像に係る撮影条件データに基づいて推定するステップと、

前記複数の画像を撮影条件データに基づいて仮想的に 3 次元配置し、当該複数の画像から抽出された物体領域と撮影条件データとに基づいて前記物体の 3 次元形状を推定するステップとを有する

ことを特徴とするモデリング方法。

【請求項 1 3】

物体を視点を変えて撮影して得た複数の画像に基づいて当該物体の 3 次元形状を推定するモデリング装置であって、

前記複数の画像を撮影したときのカメラと物体との相対位置関係および結像に係る光学パラメータを示す撮影条件データを取得する手段と、

1 つの画像における前記物体に対応した部分である物体領域を、他の画像から抽出された物体領域および当該他の画像に係る撮影条件データに基づいて推定する手段と、

前記複数の画像を撮影条件データに基づいて仮想的に 3 次元配置し、当該複数の

の画像から抽出された物体領域と撮影条件データとに基づいて前記物体の 3 次元形状を推定する手段とを有する

ことを特徴とするモデリング装置。

【請求項 1 4】

物体を視点を変えて撮影して得た複数の画像に基づいて当該物体の 3 次元形状を推定するモデリングのためのコンピュータプログラムであって、

コンピュータを、

前記複数の画像を撮影したときのカメラと物体との相対位置関係および結像に係る光学パラメータを示す撮影条件データを取得する手段、

1 つの画像における前記物体に対応した部分である物体領域を、他の画像から抽出された物体領域および当該他の画像に係る撮影条件データに基づいて推定する手段、

および、前記複数の画像を撮影条件データに基づいて仮想的に 3 次元配置し、当該複数の画像から抽出された物体領域と撮影条件データとに基づいて前記物体の 3 次元形状を推定する手段として機能させる

ことを特徴とするコンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、複数の撮影画像から被写体に対応した部分を抽出する画像データ処理方法および装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

コンピュータグラフィックス、工業デザイン、Web 用の 3 D コンテンツの作成などの各種の分野において、物体の立体形状をデータ化する 3 次元入力システムが用いられている。

【0 0 0 3】

3 次元入力の手法の 1 つにシルエット法 (Shape from Silhouette) がある。これは、対象物を撮影した複数の画像を用い、各画像から対象物の遮蔽輪郭 (シ

シルエット) を抽出し、抽出結果と撮影位置情報とから 3 次元形状を推定する手法である。シルエット法の適用例として、特公平 5 - 6 4 3 9 3 号公報には、仮想 3 次元空間にボクセルと呼称される形状要素が集まった仮想物体を配置し、撮影の視点と遮蔽輪郭とで決まる視体積どうしの共通部分を求め、その共通部分に該当するボクセルを連結することによって物体の形状を再構成する技術が記載されている。

#### 【0 0 0 4】

##### 【発明が解決しようとする課題】

シルエット法による物体形状の再構成の精度は、各画像からの遮蔽輪郭の抽出の正確さに依存する。現状では、完全な自動の画像処理によってユーザーの要求を満たす抽出結果を得るのは難しく、ユーザーによる指示または修正が必須である。対象物や背景についての知識を利用する高度な画像処理を用いれば抽出精度は幾分高まるものの、知識入力に手間がかかったり、対象物が限られたり、システムが高価になったりする問題がある。また、背景として均一色の幕を置いて撮影した画像から色判別(クラスタリング)で遮蔽輪郭を抽出する手法を用いたとしても、実際には影や照明むらなどにより背景色が均一とはならないので、部分的な抽出の誤りは避けられない。

#### 【0 0 0 5】

一方、シルエット法による物体形状の再構成において、物体形状を詳細にかつ正しく復元するには、物体表面のできるだけ多くの部位が遮蔽輪郭として画像に現れる必要がある。曲率の大きい曲面については種々の位置から撮影しなければならない。このため、複雑な起伏をもつ対象物の場合には、必要な画像数は極めて多くなる。

#### 【0 0 0 6】

従来では、物体形状の再構成に必要な画像数にほぼ比例して、遮蔽輪郭の抽出に要する処理時間が長くなり且つ抽出結果を修正するユーザーの作業負担が増大するという問題があった。

#### 【0 0 0 7】

本発明は、複数の画像について領域抽出を行う際の総所要時間の短縮を図るこ



とを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明においては、複数の画像についての領域抽出を画像毎に順に行い、2番目以降の画像についての領域抽出に際して、それ以前の領域抽出の結果を反映させることによって抽出対象範囲を限定する。抽出処理の順位が下位になるほど、より多くの画像についての抽出結果が反映されて抽出対象範囲が狭まるので、抽出処理時間が短くなる。その結果、各画像について他の画像との関連を考慮せずに独立に領域抽出を行う場合と比べて、複数の画像についての領域抽出の総所要時間が短縮される。

【0009】

抽出結果の反映は、抽出された領域と画像を撮影したときの視点とで決まる視体積を、処理対象の画像に投影することによって実現される。すなわち、撮影の対象物と複数の画像のそれぞれに対応した撮影位置との相互位置関係に基づいて複数の画像を仮想3次元空間に配置し、ある画像についての領域抽出で得られた視体積が他の画像のどこに対応するかを調べる。視体積は遮蔽輪郭を通る視線で囲まれる錐状の空間であって、対象物はこの視体積の中に存在するので、視体積の投影像の範囲内に抽出すべき領域が必ず存在する。したがって、領域抽出の対象範囲は画像のうちの視体積が投影された部分に絞られる。投影の精度を高めるには、撮影位置の情報とともに、撮影に係る結像条件（光学パラメータ）を取得する必要がある。全ての撮影を1つのカメラで行う場合はそのカメラの光学パラメータが必要であり、複数のカメラを用いる場合はそれらカメラの光学パラメータが必要である。

【0010】

【発明の実施の形態】

図1は本発明に係るモデリングシステムの構成図である。

モデリングシステム100は、デジタルカメラ10、照明灯20、回転台30、カメラ校正用の治具40、回転軸校正用の治具50、およびコンピュータ60から構成される。デジタルカメラ10は、回転台30の上に置かれた対象物

90を撮影する。撮影は対象物90との相対位置を変えて複数回行われる。対象物90を撮影した複数の画像はコンピュータ60へ送られ、対象物90のモデリングに用いられる。画像の各画素はRGBの色ベクトル値を表す。コンピュータ60は、本体61、ディスプレイ62、キーボード63、およびマウス64を有したデータ処理システムである。コンピュータ60には、CR-ROM67または他の媒体68に記録されているプログラムがインストールされている。このプログラムは、コンピュータ60を画像データ処理装置およびモデリング装置として機能させる。画像データ処理装置は、図8に示す3つのブロック601、602、603からなり、複数の画像のそれぞれから対象物90に対応した部分である物体領域を抽出する。モデリング装置は、ブロック601、602、603とブロック604からなり、抽出された物体領域に基づいて形状を再構成する。ブロック601は、撮影時のデジタルカメラ10と対象物90との相対位置関係および結像に係る光学パラメータを示す撮影条件データD1を取得する。ブロック602は、1つの画像における物体領域を、他の画像から抽出された物体領域および撮影条件データD1に基づいて推定する。ブロック603は、操作入力に従って物体領域を修正する。ブロック604は、複数の画像から抽出され且つ修正された物体領域と撮影条件データD1とに基づいて対象物90の3次元形状を推定する。デジタルカメラ10とコンピュータ60との間では、ケーブルまたは赤外線通信によるオンラインのデータ受渡し、および可搬型記録媒体によるオフラインのデータ受渡しが可能である。

#### 【0011】

回転台30は既知の色(Cr)で塗装されている。回転台30は治具40の前に置かれ、その回転角はケーブルを通じてコンピュータ60により制御される。モデリングシステム100のユーザーは、マウス64を操作することによって回転台30の回転角を調整することができる。治具40は既知の色(Cb)で彩色された面に別の色で細い格子状の線を描いた剛性の物体である。治具40の各格子点と当該治具40における基準位置との相対的な3次元位置関係は既知である。治具40の基準位置を原点とする3次元座標系は、コンピュータ60のメモリ上に構築される仮想空間におけるワールド座標を定義する。デジタルカメラ1

0 は三脚によって支持され、回転台 3 0 の上に置かれた対象物 9 0 または治具 5 0 を画角内に収めるように配置される。オンラインのデータ受渡しでは、ユーザーのマウス操作に呼応してコンピュータ 6 0 がデジタルカメラ 1 0 からカラー画像を取り込む。デジタルカメラ 1 0 の位置および姿勢は三脚を動かすことによって変更することができ、撮影の画角はズーム調整によって設定することができる。治具 5 0 は、治具 4 0 と同様に単色で彩色された面に別の色で細い格子状の線を描いた剛性の物体である。治具 5 0 においても、各格子点と基準位置との相対的な 3 次元位置関係は既知である。この治具 5 0 の基準位置を原点とする 3 次元座標系は、対象物 9 0 を基準とするオブジェクト座標を定義する。回転台 3 0 を回転させることは対象物 9 0 に対して相対的にカメラを移動させることと等価であるので、オブジェクト座標を媒介として、各回の撮影の視点位置を基準とするカメラ座標どうしの相対運動を記述することができる。照明灯 2 0 は、対象物 9 0 または治具 5 0 に影ができないように回転台 3 0 を照らすように配置される。

#### 【 0 0 1 2 】

図 2 はモニター表示の画面構成を示す図である。ディスプレイ 6 2 の表示面 6 2 0 には、2 つの表示領域（ウィンドウ）6 2 1, 6 2 2 が設けられる。表示領域 6 2 1 には、デジタルカメラ 1 0 から入力された画像 7 0、または画像 7 0 に後述する領域抽出の処理結果である抽出領域を重ねた合成画像が表示される。抽出領域は、必要に応じてユーザがマウス 6 4 を用いて単位領域の削除または付加を行うことによって修正することができる。また、表示領域 6 2 2 には、仮想空間中で復元される仕掛けり段階または完成した 3 次元形状モデル 8 0 が、テクスチャマッピングされて表示される。ユーザーはマウス操作により 3 次元形状モデル 8 0 を見る仮想空間中の仮想カメラの位置・姿勢・画角などを変更できる。また、ユーザーはテクスチャマッピング表示に代えてシェーディング表示を行うこともできる。シェーディング表示では、仮想空間中の仮想光源の配置をマウス操作により任意に設定することができる。

#### 【 0 0 1 3 】

図 3 はモデリングの概略の手順を示すフローチャートである。

〔1〕ステップ#100において治具50の設定を行う。ユーザーは、回転台30の治具50をその少なくとも2つの面がデジタルカメラ10の視野に入るように置く。

〔2〕ステップ#102において治具50の撮影を行う。回転台30を回転角 $\theta_0$ の状態にして撮影を行い、続けてデジタルカメラ10を動かさず視点を固定したまま回転台30を回転させて回転角 $\theta_0'$ の状態での撮影する。これにより2つの画像 $I_0$ 、 $I_0'$ を得る。

〔3〕ステップ#104において、回転軸の構成を行う。画像 $I_0$ が表示された状態において、ユーザーはマウス64を操作してカメラ校正用の治具40の格子点の一つにカーソルを合わせてクリックするとともに、予め定められている格子点番号を入力する。これを複数の格子点について行った後、ユーザーはワールド座標と画像 $I_0$ の画素座標との幾何学的な関係を与える射影行列 $P_0$ の計算をコンピュータ60に指示する。計算方法としては、O. Faugeras, "Three-Dimensional Computer Vision-A Geometric Viewpoint", MIT Press, 1996の第3章に記載されたものがある。コンピュータ60は、回転角 $\theta_0$ におけるワールド座標からの $3 \times 4$ 射影行列 $P_0$ を求め、この射影行列 $P_0$ を $3 \times 3$ 内部パラメータ行列 $A_0$ 、 $3 \times 3$ 回転行列 $R_0$ 、および3次元平行移動ベクトル $t_0$ に分解する。すなわち、ここでの処理は、ワールド座標値を $(X_w, Y_w, Z_w)$ 、回転角 $\theta_0$ のカメラの画像座標値を $(x_0, y_0)$ としたとき、以下の式を満たす射影行列 $P_0$ 、内部パラメータ行列 $A_0$ 、回転行列 $R_0$ 、平行移動ベクトル $t_0$ を求めることに等しい。

【0014】

【数 1】

$$\lambda \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ 1 \end{bmatrix} = P_0 \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$P_0 = A_0 \begin{bmatrix} R_0 & t_0 \end{bmatrix}$$

【0015】

これにより、ワールド座標  $(X_w, Y_w, Z_w)$  から回転角  $\theta_0$  のカメラでのカメラ座標  $(X_0, Y_0, Z_0)$  への変換は以下のように与えられるので、 $R_0$ 、 $t_0$  をコンピュータ 60 のメモリ上に保存しておく。

【0016】

【数 2】

$$\begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} = R_0 \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{bmatrix} + t_0$$

【0017】

次に、 $P_0$  の場合と同様に、画像  $I_0$  について、回転角  $\theta_0$  におけるオブジェクト座標からの射影行列  $O_0$ 、内部パラメータ行列  $B_0$ 、回転行列  $Q_0$ 、および平行移動ベクトル  $s_0$  を求める。

さらに、同様にして、画像  $I_0'$  について、回転角  $\theta_0'$  におけるオブジェクト座標からの射影行列  $O_0'$ 、内部パラメータ行列  $B_0'$ 、回転行列  $Q_0'$ 、および平行移動ベクトル  $s_0'$  を求める。回転軸上の点  $(o_x, o_y, o_z)$  の回転角  $\theta_0$  のカメラでのカメラ座標表現は、以下の式を満たす  $(o_x, o_y, o_z)$  として計算される。

【0018】

【数 3】

$$\begin{bmatrix} o_x \\ o_y \\ o_z \\ 1 \end{bmatrix} = T \begin{bmatrix} o_x \\ o_y \\ o_z \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$T = \begin{bmatrix} Q_0' Q_0' & -Q_0' Q_0' s_0 + s_0' \\ o' & 1 \end{bmatrix}$$

【0019】

ここで、4次ベクトル  $(o_x, o_y, o_z, 1)^t$  は、行列  $T$  の固有値 1 に対応する固有ベクトルに対応する。また、回転軸の単位法線ベクトル  $(n_x, n_y, n_z)^t$  の回転角  $\theta_0$  のカメラでのカメラ座標表現は、行列  $Q_0', Q_0^t$  の固有値 1 に対応する単位固有ベクトルとして計算されるが、このとき以下の式で求めた値の符号が  $\sin(\theta_0' - \theta_0)$  と異なる場合は求めたベクトル  $(n_x, n_y, n_z)^t$  の符号を反転する。

【0020】

【数 4】

$$s = \left( \begin{bmatrix} n_x \\ n_y \\ n_z \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} o_x \\ o_y \\ o_z \end{bmatrix} \right)^t Q_0' Q_0' \begin{bmatrix} o_x \\ o_y \\ o_z \end{bmatrix}$$

【0021】

計算された回転軸のパラメータ  $(n_x, n_y, n_z)$  および  $(o_x, o_y, o_z)$  はコンピュータ 60 のメモリに保存される。

〔4〕ステップ # 106 において対象物の設定を行う。回転台 30 に対象物 90 の全体がデジタルカメラ 10 の視野に映るように置く。必要に応じて位置ずれを防ぐために対象物 90 をテープなどで固定する。

〔5〕ステップ # 108 において 3 次元形状データを初期化する。仮想空間中に、ユーザーが大きさや個数を指定したボクセルを立体的に並べて配置する。この

とき、ボクセルの配置範囲が対象物 9 0 が存在すると予想される仮想空間の範囲より十分に大きくなるようにする。

〔6〕ステップ # 1 1 0 においてカメラ位置を設定する。ユーザーは、デジタルカメラ 1 0 の位置や姿勢を変更したり、回転台 3 0 を回転させたりすることによって、対象物 9 0 とデジタルカメラ 1 0 との相対的位置関係を決める。このとき、コンピュータ 6 0 は、回転台 3 0 の回転角  $\theta_i$  を自動的にメモリに書き込んで保存する。

〔7〕ステップ # 1 1 2 において撮影を行う。デジタルカメラ 1 0 により対象物 9 0 を撮影し、対象物 9 0 の  $i$  番目 ( $i = 2, 3, 4, \dots$ ) の画像  $I_i$  を得る。

〔8〕ステップ # 1 1 4 においてカメラ校正を行う。ステップ # 1 0 4 と同様に、画像  $I_i$  について、ユーザーがマウス 6 4 を操作して、カメラ校正用の治具 4 0 の複数の格子点を指定すると、コンピュータ 6 0 は次の計算を行う。まず、新たなカメラ視点  $i$  のカメラの回転角  $\theta_0$  におけるワールド座標からの  $3 \times 4$  射影行列  $P_i'$  を求め、射影行列  $P_i'$  を  $3 \times 3$  内部パラメータ行列  $A_i$ 、 $3 \times 3$  回転行列  $R_i'$ 、および 3 次元平行移動ベクトル  $t_i'$  に分解する。次に回転台 3 0 の回転を考慮し、以下のようにしてカメラ視点  $i$  のカメラの回転角  $\theta_i$  での射影行列  $P_i$  を計算し、 $P_i$ 、および、それを分解したパラメータ  $A_i$ 、 $R_i$ 、 $t_i$  をコンピュータ 6 0 のメモリに保存する。

【 0 0 2 2 】

【数 5】

$$P_i = A_i \begin{bmatrix} R_i & t_i \end{bmatrix} = A_i \begin{bmatrix} Q_i R_i' & Q_i t_i' + s_i \end{bmatrix} \\ = A_i \begin{bmatrix} Q_i R_0 (R_i')' - Q_i R_0 (R_i')' t_i' + Q_i t_0 + s_i \end{bmatrix}$$

$$Q_i = \cos(\theta_i - \theta_0) I + (1 - \cos(\theta_i - \theta_0)) \begin{bmatrix} n_x \\ n_y \\ n_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n_x & n_y & n_z \end{bmatrix} + \sin(\theta_i - \theta_0) N_x$$

$$N_x = \begin{bmatrix} 0 & n_z & -n_y \\ -n_z & 0 & n_x \\ n_y & -n_x & 0 \end{bmatrix}$$

$$s_i = \begin{bmatrix} I & -Q_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} o_x \\ o_y \\ o_z \end{bmatrix}$$

【0023】

〔9〕ステップ#116において、物体領域を抽出する。図4（a）が示すように、抽出処理対象として注目する画像72（i番目の画像 $I_j$ ）に対して、既に処理を終えた画像71〔j（j=1, 2, …, i-1）番目の画像 $I_j$ 〕における物体領域710とその外側との境界（遮蔽輪郭）を通る視線で囲まれる視体積V71を投影し、画像72における投影像領域721を計算する。投影像領域721を対象に色判別を行って物体領域720を抽出し、ディスプレイ62における上述の表示領域621に抽出結果を表示する。ユーザーは必要に応じてマウス操作によって抽出結果を修正する。このように注目する1つの画像について抽出処理を行う時点で既に複数の画像から物体領域が抽出されている場合には、これら複数の画像を参照する。すなわち、注目する画像に複数の視体積を投影し、投影像領域どうしが重なる範囲を求める。そして、投影像領域どうしが重なる範囲を対象に色判別を行って物体領域を抽出する。図4（b）では、画像73における物体領域731に対応した視体積V73と、画像74における物体領域741に対応した視体積V74とが画像75に投影されている。画像75における物体領域750は、視体積V73に対応した投影像領域753と視体積V74に対応



した投影像領域 754 との重なり範囲 757 に完全に含まれる。

〔10〕ステップ # 118 において 3 次元形状データを更新する。上述のステップ # 114 で求められた画像  $I_i$  に対応する射影行列  $P_i$  を使って、図 5 のように仮想空間中のボクセルをすべて画像  $I_i$  に投影し、物体領域 720 内に完全に入るボクセルだけを残し、その他のボクセルをすべて消去する。

〔11〕ステップ # 120 において 3 次元形状データを表示する。米国特許 4710876 “System and Method for the Display of Surface Structures Contained within the interior region of a solid body” に示された Marching Cube 法に代表される手法を用いてボクセルデータをポリゴンメッシュに変換する。表示形態の指定に応じて、テクスチャマッピングまたはシェーディング処理をした 3 次元形状モデルを表示する。

〔12〕ステップ # 120 において処理続行の要否を判断する。ユーザーは、ディスプレイ 62 に表示された 3 次元形状モデルと実際の対象物 90 を見比べてみて、十分に形状が復元されていると判断した場合は、処理の終了をコンピュータ 60 に指示する。復元された形状が不十分であると判断した場合は処理の続行を指示する。後者の場合は、ステップ # 110 に戻って以前と異なる位置または姿勢の撮影を行う。

#### 【0024】

図 6 は物体領域抽出の詳細手順を示すフローチャートである。

〔1〕ステップ # 200 において参照画像を初期化する。物体領域の抽出に利用する参照画像として、既に物体領域の抽出を終えた画像の中の一つを選ぶ。

〔2〕ステップ # 202 において未参照画像をチェックする。参照可能な画像のすべてを使用したか否かを調べ、既にすべて参照している場合はステップ # 208 へ進む。参照していない画像があればステップ # 204 に進む。

〔3〕ステップ # 204 において視体積を投影する。画像  $I_j$  の物体領域  $S_j$  と他との境界を任意の点から反時計周りに辿りながら境界を通る視線を順次画像  $I_i$  に投影していき、画像  $I_i$  に投影された視線が走査する領域の両端となる投影

視線の係数ベクトル  $m_{jl}^+$ ,  $m_{jl}^-$  をコンピュータ 60 のメモリに保存する。画像  $I_j$  に複数の物体領域  $S_j$  が存在するときは、それぞれの物体領域  $S_j^l$  ( $l = 1, 2, \dots, M_j$ ) について上記手順に従って両端となる投影視線の係数ベクトル  $m_{jl}^+$ ,  $m_{jl}^-$  をコンピュータ 60 のメモリに保存する。詳細は後述する。

〔4〕ステップ # 206 において次の参照画像を設定する。次の参照画像として、参照可能でかつ未参照のものの一つを選ぶ。

〔5〕ステップ # 208 において、視体積の投影像領域どうしの重なりを決定する。画像  $I_i$  の画素  $p_k$  ( $k = 1, 2, \dots, N_j$ ) のうち、以下の 2 つの条件式のいずれかを満たす画素領域を求める。この領域は投影像領域の交わり領域  $v$  となり、求める物体領域は基本的にはこの領域に含まれる。求められた交わり領域  $v$  内の画素の値が 1 で、それ以外の画素値が 0 である 2 値画像  $H_i$  を作成し、コンピュータ 60 のメモリに保存しておく。

条件式 1

【0025】

【数 6】

$$\begin{bmatrix} x_k & y_k & 1 \end{bmatrix}^t m_{jl}^+ \leq 0 \quad \text{AND} \quad \begin{bmatrix} x_k & y_k & 1 \end{bmatrix}^t m_{jl}^- \geq 0 \\ \text{for all } j = 1, 2, \dots, i-1, l = 1, 2, \dots, M_j$$

【0026】

条件式 2

【0027】

【数 7】

$$\begin{bmatrix} x_k & y_k & 1 \end{bmatrix}^t m_{jl}^+ \geq 0 \quad \text{AND} \quad \begin{bmatrix} x_k & y_k & 1 \end{bmatrix}^t m_{jl}^- \leq 0 \\ \text{for all } j = 1, 2, \dots, i-1, l = 1, 2, \dots, M_j$$

【0028】

このとき、画素  $p_k$  の座標値は  $(x_k, y_k)$  で与えられているものとする。

〔6〕ステップ # 210 において色判別を行う。2 値画像  $H_i$  の対応する画素値が 1 であり、かつ、画像  $I_i$  の対応する画素値が以下の条件を満たす画素領域を

求め、求めた画素領域に対応する画素の値が1で、他の画素の値が0であるような2値画像 $G_i$ を作成する。

【0029】

【数8】

$$\|c_k - c_b\| > t_b \quad OR \quad \|c_k - c_r\| > t_r$$

【0030】

ここで、 $c_b$ 、 $c_r$ はそれぞれ治具40の色 $C_b$ の色ベクトル、回転台30の色 $C_r$ の色ベクトルを表し、 $c_k$ は画素 $p_k$ の色ベクトルを表す。 $t_b$ 、 $t_r$ はユーザーにより与えられる閾値定数である。

得られた2値画像 $G_i$ に対してモルフォロジー演算のオープニング処理を行い、処理結果を保存しておく。この2値画像の値が1である画素は、物体領域に属すると推定された画素である。モルフォロジー演算のオープニング処理は、治具40上に描かれた格子状の線を抽出結果から排除するために行われる。

〔7〕ステップ#212において物体領域を表示する。2値画像 $H_i$ の対応する画素値が1である領域の画素値が交わり領域表示色 $C_o$ を表すベクトルで、それ以外の領域の画素値が背景表示色 $C_g$ を表すベクトルであるような画像 $I_j'$ を作成する。次に、画像 $I_j'$ と画像 $I_j$ の対応する各画素の色を予め決められた割合で混合した色を各画素の色とする画像 $J_i$ を作成する。そして、2値画像 $G_i$ の画素値が1である画素領域の境界を、画像 $J_i$ 上に点線で描き、表示領域621に表示する。

〔8〕ステップ#214においてユーザーが修正の要否を判断する。ユーザーは、表示領域621の表示内容を見て、実際の物体領域と点線で境界が示される抽出領域とが異なると判断したときは、所定のマウス操作を行ってコンピュータ60にステップ#216に進むように指示をする。修正すべき個所がないと判断したときは、コンピュータ60に上述のステップ#118に進むように指示する。

〔9〕ステップ#216において物体領域を修正する。実際の物体領域より抽出領域がはみ出している場合、ユーザーは、マウス64をドラッグしてはみ出した領域をカーソルでなぞることにより、はみ出した部分に対応する2値画像 $G_i$ の

画素値を0にすることができる。また、実際の物体領域より抽出された領域が欠けていると判断した場合は、マウス64をドラッグして欠けている領域をカーソルでなぞることにより、欠けている部分に対応する2値画像 $G_i$ の画素値を1にすることができる。画像 $J_i$ はステップ#212と同様にして変更される。通常は、投影された視体積の交わり領域 $v$ は実際の物体領域を完全に包含するので、ユーザーは視体積の交わりの外の領域を修正する必要がなく、ユーザーの負担は軽減される。また、修正する必要のない領域の面積は、一般に後で領域抽出される画像ほど大きくなるので、ユーザーの修正の負担も領域抽出を各画像に行っていくにつれて減っていく。

【0031】

図7は視体積の投影の詳細手順を示すフローチャートである。

〔1〕ステップ#300においてF行列計算を行う。画像 $I_i$ 、 $I_j$ 間のF行列を以下の式により求める。

【0032】

【数9】

$$F = (A_j^{-1})' T_{ji} R_{ji} A_i^{-1}$$

$$R_{ji} = R_j R_i'$$

$$T_{ji} = \begin{bmatrix} 0 & t_z & -t_y \\ -t_z & 0 & t_x \\ t_y & -t_x & 0 \end{bmatrix}$$

$$t_{ji} = \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{bmatrix} = -R_{ji} t_i + t_j$$

【0033】

ここで、Fは $3 \times 3$ の行列である。次の方程式を満たす画像 $I_i$ 上の点 $(x_i, y_i)$ の集合は、画像 $I_j$ の画像座標 $(x_j, y_j)$ を通る視線を画像 $I_i$ に投影した直線を表す。

【0034】

【数10】

$$\begin{bmatrix} x_j & y_j & 1 \end{bmatrix} F \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{bmatrix} = 0$$

【0035】

この直線  $e_j$  はエピポーラ線と呼ばれる。画像  $I_i$  上に投影された画像  $I_i$  の視線は、エピポールと呼ばれる画像  $I_i$  上の1つの点を通る。画像  $I_i$  上のエピポールの画像座標は、行列  $F$  の0固有値に対応する固有ベクトルを  $(e_x, e_y, e_z)$  とすれば、 $(e_x / e_z, e_y / e_z)$  として与えられる。ただし、 $e_z$  が0のときには、エピポールは画像の無限遠の端にあり、画像  $I_i$  上のエピポーラ線はすべてベクトル  $(e_x, e_y)$  に平行な直線となる。また、画像  $I_j$  上のエピポールは、行列  $F^t$  の0固有値に対応する固有ベクトルから同様にして求められる。

〔2〕ステップ#302において、未処理境界画素の有無をチェックする。画像  $I_j$  において、物体領域の境界画素がすべて処理されているかどうか調べ、すべて処理されていればステップ#206に戻る。未処理の境界画素が存在するときはステップ#304へ進む。

〔3〕ステップ#304において未処理の境界画素を選択する。画像  $I_j$  において、未処理の1番目の物体領域  $S_j^1$  の境界画素のうちから任意の1つを選ぶ。

〔4〕ステップ#306においてエピポーラ面の計算を行う。画像  $I_i$  のカメラ座標で表された3次元空間中の点の座標を  $(X_i, Y_i, Z_i)$  とし、ステップ#304で選ばれた境界画素の座標値を  $(x_j, y_j)$  とすると、画像  $I_j$  の点  $(x_j, y_j)$  を通る視線と画像  $I_i$  のカメラの視点とで決定される平面の方程式は、以下のようにして計算できる。

【0036】

【数 1 1】

$$\begin{bmatrix} x_j & y_j & 1 \end{bmatrix} F A_i \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} = 0$$

【0037】

この方程式で定められる平面  $E_j$  をエピポーラ面と呼称する。エピポーラ面と画像の投影面の交わりがエピポーラ線  $e_j$  となる。この方程式の  $X_i$ ,  $Y_i$ ,  $Z_i$  の係数を要素とするベクトルを単位ベクトル化した  $n_j$  をコンピュータ 60 のメモリにより保存する。ベクトル  $n_j$  はエピポーラ面  $E_j$  の法線方向を示す。

〔5〕ステップ # 308 において、エピポーラ面の姿勢計算を行う。次の式により、エピポーラ面  $E_j$  の法線が、画像  $I_i$  のカメラの光軸と成す角度  $\theta_j$  を求める。

【0038】

【数 1 2】

$$\cos \theta_j = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} n_j$$

【0039】

〔6〕ステップ # 310 において、両端のエピポーラ線を更新する。エピポーラ面  $E_j$  に対応する画像  $I_i$  上のエピポーラ線  $e_j$  上には物体領域が存在する可能性があるので、物体領域  $S_j^{-1}$  に対応するエピポーラ線の存在範囲の両端を以下のようにして追跡する。

エピポーラ面  $E_j$  に対応するエピポーラ線  $e_j$  は、パラメータ  $(x_i, y_i)$  に関する次の方程式として与えられる。

【0040】

【数 1 3】

$$n_j' A_i^{-1} \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{bmatrix} = 0$$

【0041】

物体領域  $S_j^1$  に対応する両端のエピポーラ線  $e_{jl}^+$ ,  $e_{jl}^-$  の係数ベクトル  $m_{jl}^+$ ,  $m_{jl}^-$  が保存されていないときは、無条件にエピポーラ線  $e_j$  の係数ベクトルを、 $m_{jl}^+$ ,  $m_{jl}^-$  として保存する。すなわち、

【0042】

【数14】

$$m_{jl}^+ = m_{jl}^- = (n_j^t A_i^{-1})^t$$

【0043】

とする。また、このとき同時に処理ステップ#308で求めた角度  $\theta_j$  をエピポーラ線  $e_{jl}^+$ ,  $e_{jl}^-$  に対応するエピポーラ面の角度  $\theta_{il}^+$ ,  $\theta_{il}^-$  としてコンピュータ60のメモリに保存する。すなわち、

【0044】

【数15】

$$\cos \theta_{jl}^+ = \cos \theta_{jl}^- = \cos \theta_j$$

【0045】

とする。

既に両端のエピポーラ線の係数ベクトル  $m_{jl}^+$ ,  $m_{jl}^-$  が保存されている場合は、 $m_{jl}^+$  および  $\theta_{il}^+$  を  $\theta_j$  が  $\theta_{il}^+$  より大きいときのみ更新し、 $m_{jl}^-$  および  $\theta_{il}^-$  を  $\theta_j$  が  $\theta_{il}^-$  より小さいときのみ更新する。すなわち、

【0046】

【数16】

$$m_{jl}^+ = (n_j^t A_i^{-1})^t, \cos \theta_{jl}^+ = \cos \theta_j \quad \text{if} \quad \cos \theta_{jl}^+ > \cos \theta_j$$

$$m_{jl}^- = (n_j^t A_i^{-1})^t, \cos \theta_{jl}^- = \cos \theta_j \quad \text{if} \quad \cos \theta_{jl}^- < \cos \theta_j$$

【0047】

とする。

〔7〕ステップ# 3 1 2において隣接境界画素を選択する。選択されている境界画素から境界を反時計周りに辿って次の境界画素を選択する。

〔8〕ステップ# 3 1 4において、物体領域の境界を一周したか否かをチェックする。新しく選択された境界画素が既に処理済みであれば、1番目の物体領域 $S_j^1$ の境界画素はすべて処理済みであるので、ステップ# 3 0 2に戻り、他の物体領域の境界画素の処理を始める。まだ、処理されていないときは、ステップ# 3 0 6に戻る。

#### 〔0 0 4 8〕

以上の実施形態において次ような変形例がある。

〔変形例1〕治具4 0および回転台3 0の色を既知とせず、物体領域の抽出に際してステップ# 2 1 0を省略し、ユーザーの操作によって物体領域を抽出するようにしてもよい。この変形例を採用しても、投影された視体積の交わり領域は実際の物体領域を完全に包含するので、ユーザーは余分な物体領域を消去するだけでよく、新たに物体領域を追加する必要がない。また、複雑な操作手順に煩わされる頻度が少ないという利点がある。

〔変形例2〕治具4 0および回転台3 0の色を既知とせず、ステップ# 2 1 0において、既知として与えられるべき色を視体積の交わり領域の外側の画像領域からのサンプリングにより取得してもよい。こうすることにより、システムは照明環境の変動に影響されにくくなる。

〔変形例3〕デジタルカメラ1 0の内部パラメータおよび位置・姿勢パラメータを治具4 0と回転台3 0とを用いてオンラインで校正する構成に代えて、治具を使用せずにカメラの内部パラメータをオフラインで事前に校正しておき、位置・姿勢パラメータを米国特許0 5 4 0 2 5 8 2 “Three dimensional coordinate measuring apparatus”にあるようにロボットアームの先にデジタルカメラを備え付けて取得してもよい。または、デジタルカメラ1 0に、米国特許0 5 3 0 7 0 7 2 “Non - concentricity compensation in position and orientation measurement systems”



にあるような磁気を検知する位置・姿勢センサを取り付けるか、ジャイロセンサと加速度センサを組み合わせて取り付けて、位置・姿勢パラメータを取得してもよい。このとき、変形例 1 と併用して、完全に任意の背景で処理することも可能である。

〔変形例 4〕 上述の実施例では、領域抽出の対象画像に他の画像に係る視体積を投影し、その後に投射像領域の交わり領域を求めたが、3 次元空間中で視体積の交わりを求めた後、領域抽出の対象として注目する画像にその 3 次元体積を投影してもよい。すなわち、図 3 のステップ # 1 1 6 とステップ # 1 1 8 の実行順序を入れ替え、ステップ # 2 0 0 ～ 2 0 8 の代わりに、ステップ # 1 1 8 で更新された 3 次元形状データを注目画像に投影し、その投影像領域にある画素を処理対象として表す印をつけてもよい。

〔変形例 5〕 変形例 4 は抽出された物体領域の修正を 2 次元画像上で行うものであったが、3 次元空間中で視体積の交わりそのものを修正することにより間接的に物体領域の修正を行ってもよい。

〔変形例 6〕 領域抽出の結果を、対象物の画像中の位置をトラッキングするための情報として用いてもよい。すなわち、カメラを連続的に移動して対象物を撮影した画像列に対して、前の画像でのパラメータを初期値として対象物の輪郭に Snake と呼ばれる輪郭モデルをフィッティングさせる手法 (R. Cipolla and A. Blake, "The Dynamic Analysis of Apparent Contours," Proc. Third ICCV, 1990.) を適用する場合に、領域抽出の結果を初期値として利用する。

〔変形例 7〕 デジタルカメラ 10 の内部パラメータおよび位置・姿勢パラメータの校正に治具 40 を使用せず、画像間で物体や背景の任意の対応点を求めてパラメータの校正を行うことも可能である。

【 0 0 4 9 】

【発明の効果】

請求項 1 ないし請求項 11 の発明によれば、複数の画像について領域抽出を行う際の総所要時間の短縮を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明に係るモデリングシステムの構成図である。

【図 2】

モニター表示の画面構成を示す図である。

【図 3】

モデリングの概略の手順を示すフローチャートである。

【図 4】

物体領域の抽出方法の概念図である。

【図 5】

3 次元形状モデルの更新の概念図である。

【図 6】

物体領域抽出の詳細手順を示すフローチャートである。

【図 7】

視体積の投影の詳細手順を示すフローチャートである。

【図 8】

画像データ処理装置およびモデリング装置の機能構成を示す図である。

【符号の説明】

9 0 対象物（物体）

7 1, 7 2, 7 3, 7 4, 7 5 画像

7 1 0, 7 2 0, 7 3 0, 7 4 0, 7 5 0 物体領域

1 0 デジタルカメラ

V 7 1, V 7 3, V 7 4 視体積

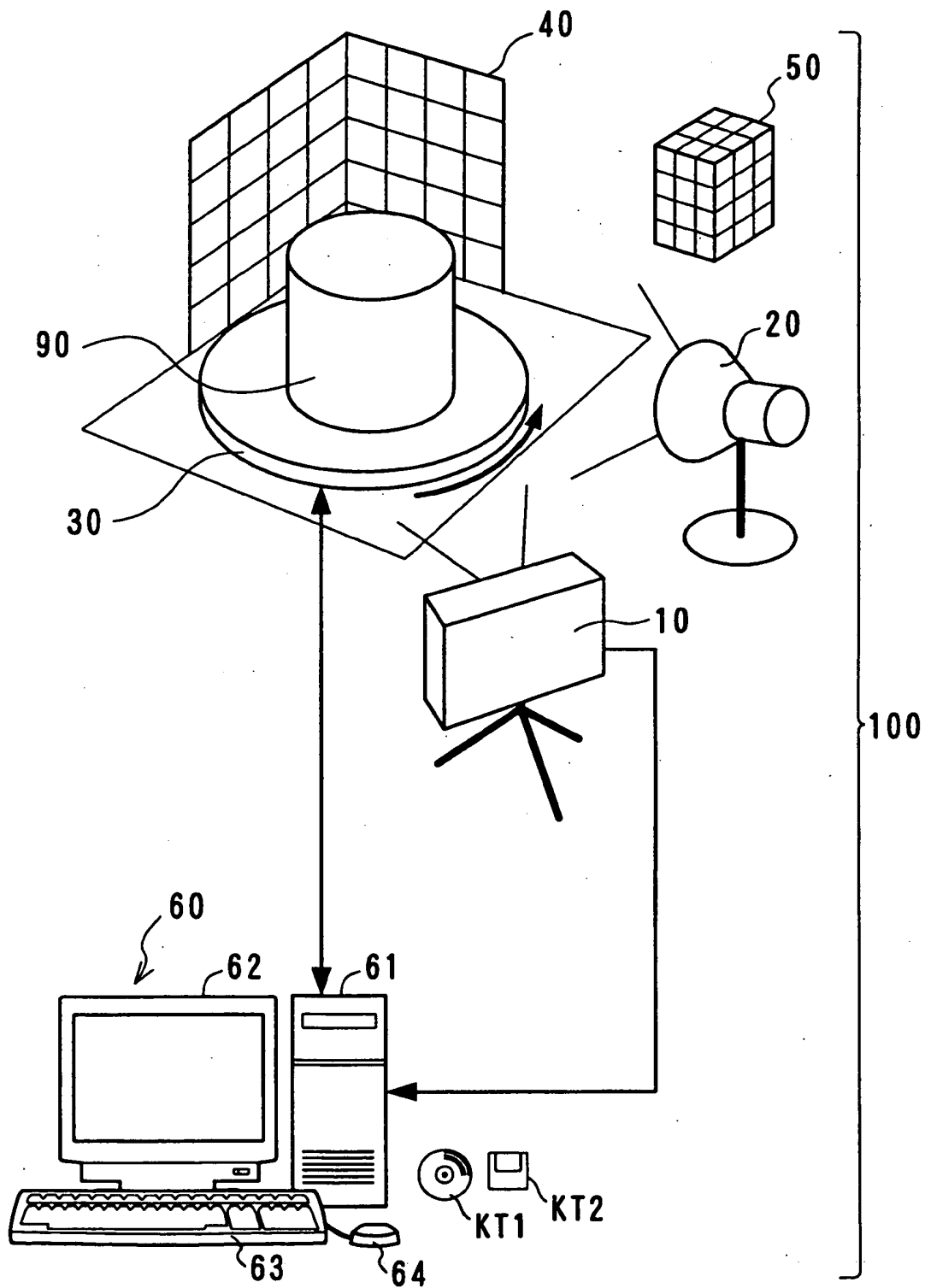
7 5 7 重なり範囲（投影像どうしが重なる領域）

6 0 コンピュータ（画像データ処理装置、モデリング装置）

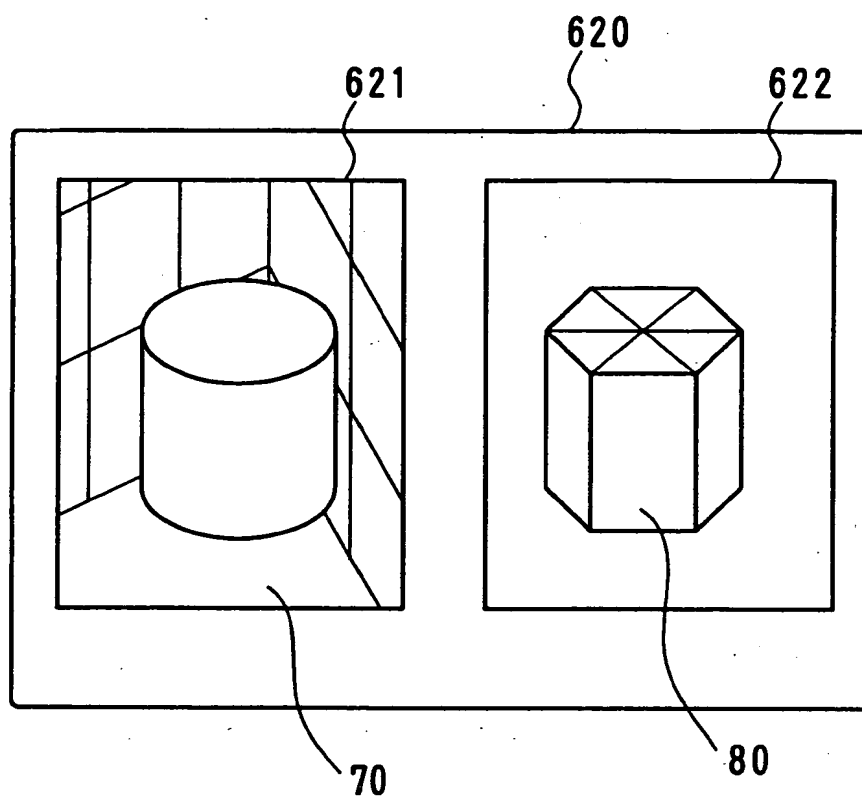
D 1 撮影条件データ

【書類名】 図面

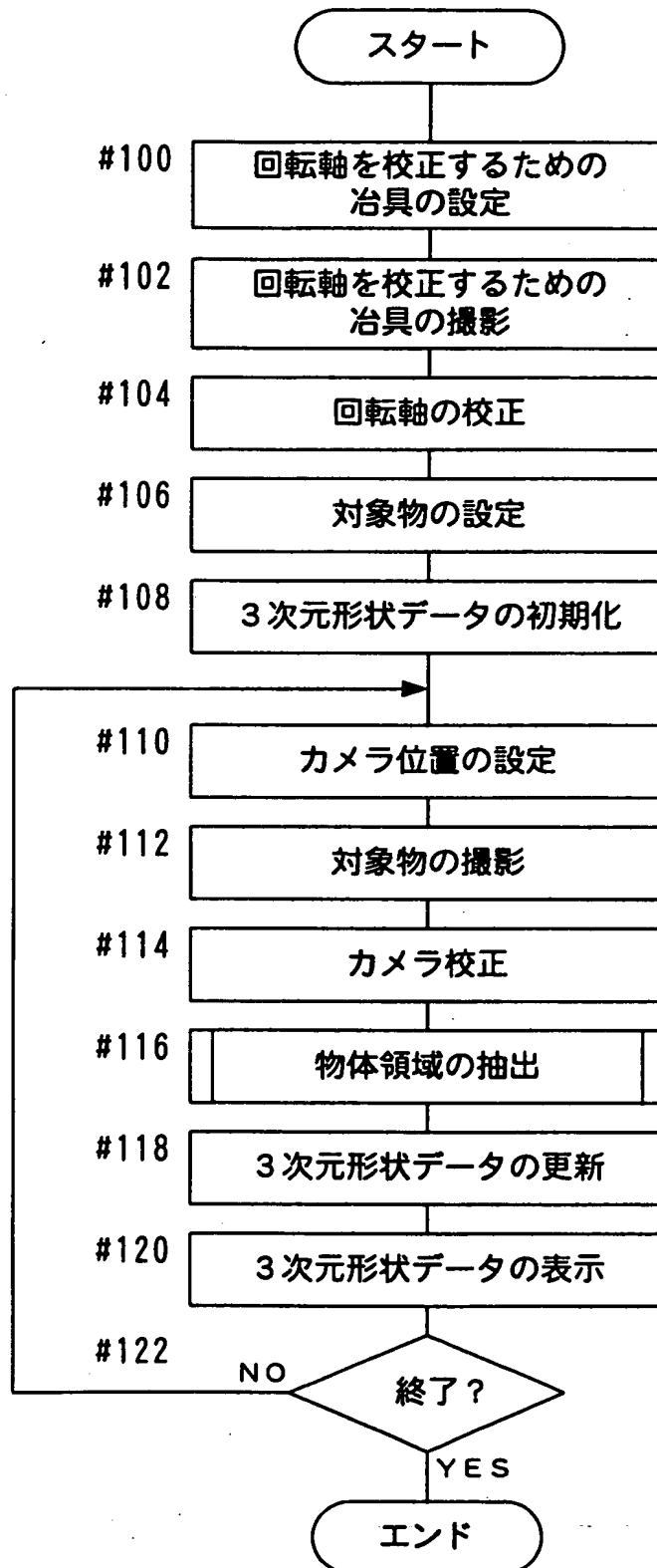
【図 1】



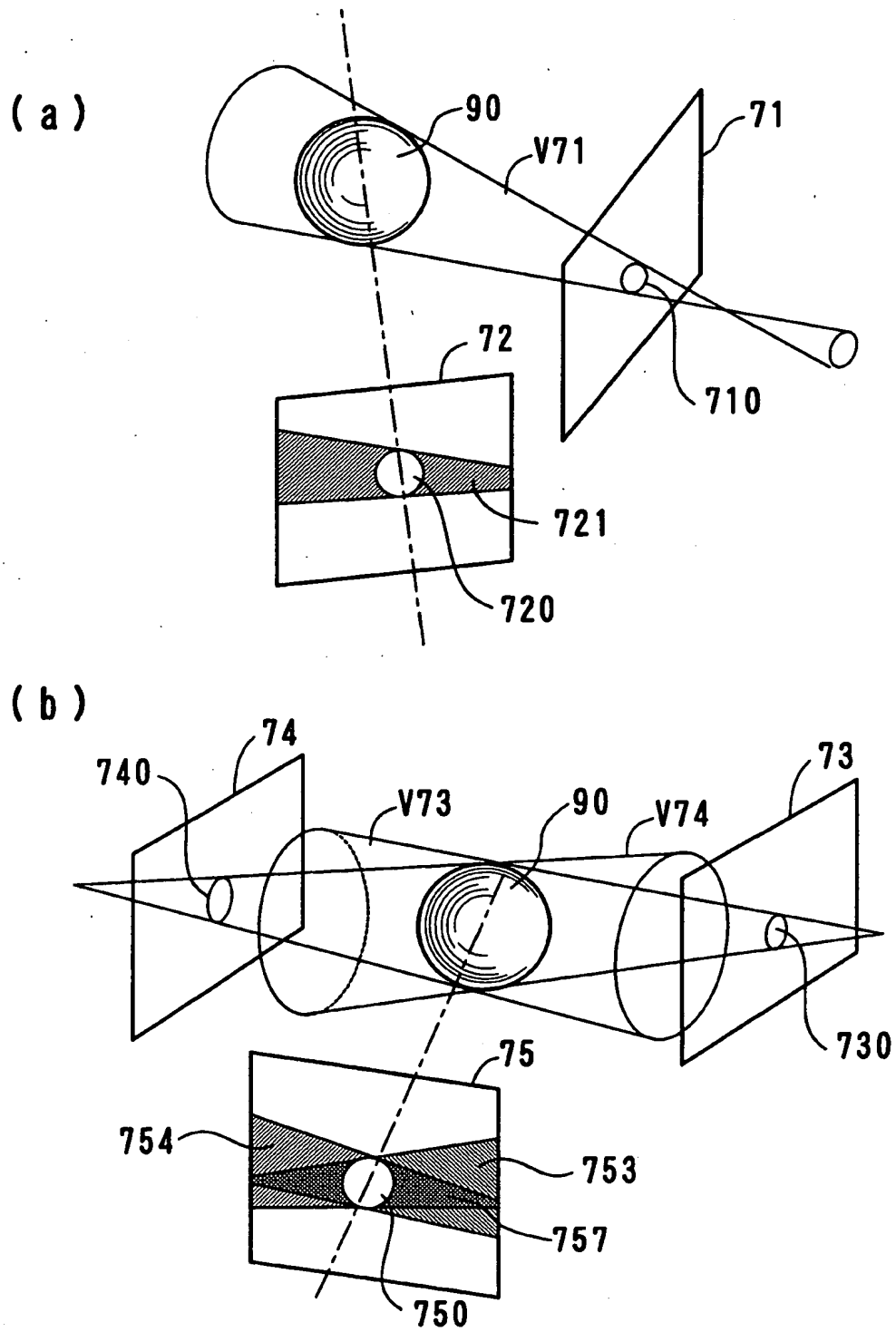
【図 2】



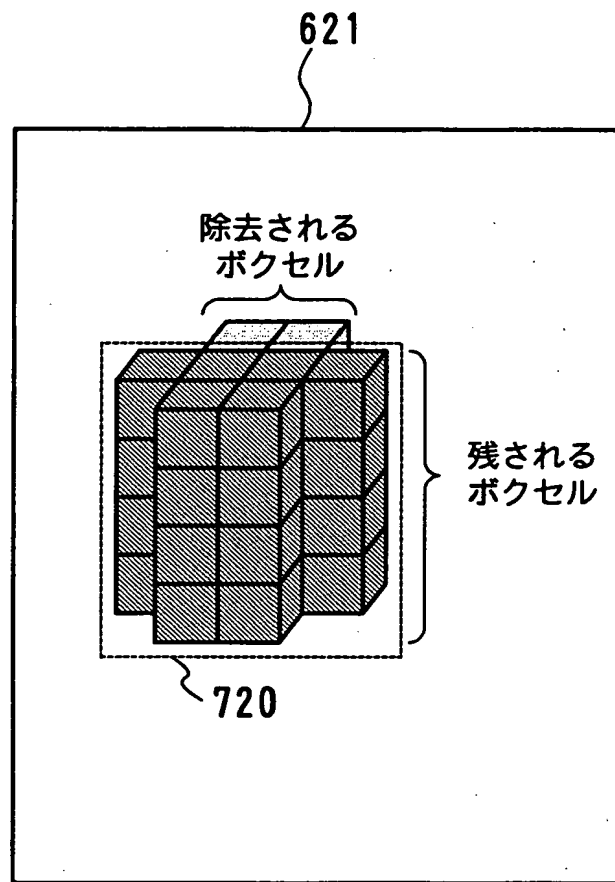
【図3】



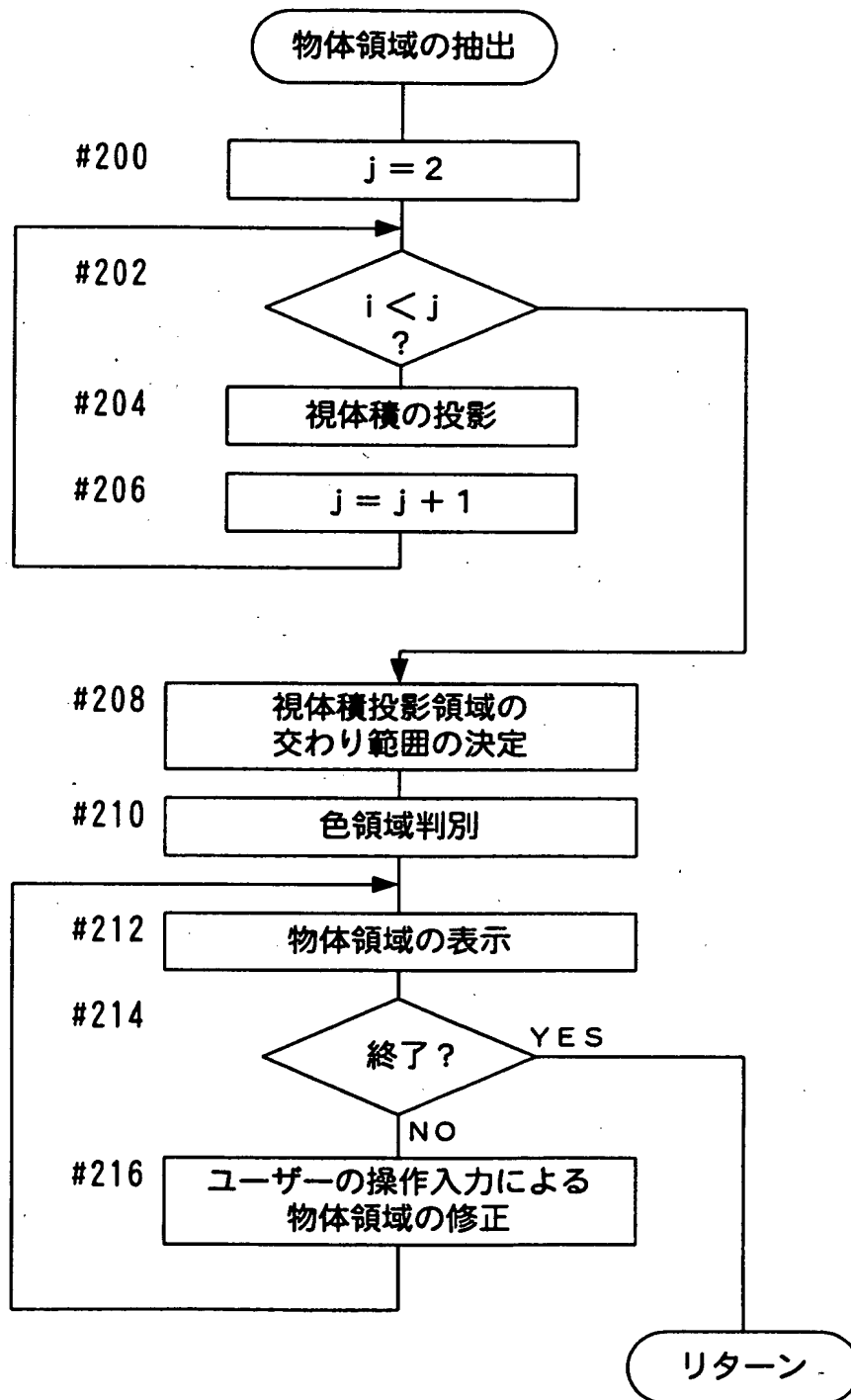
【図 4】



【図 5】

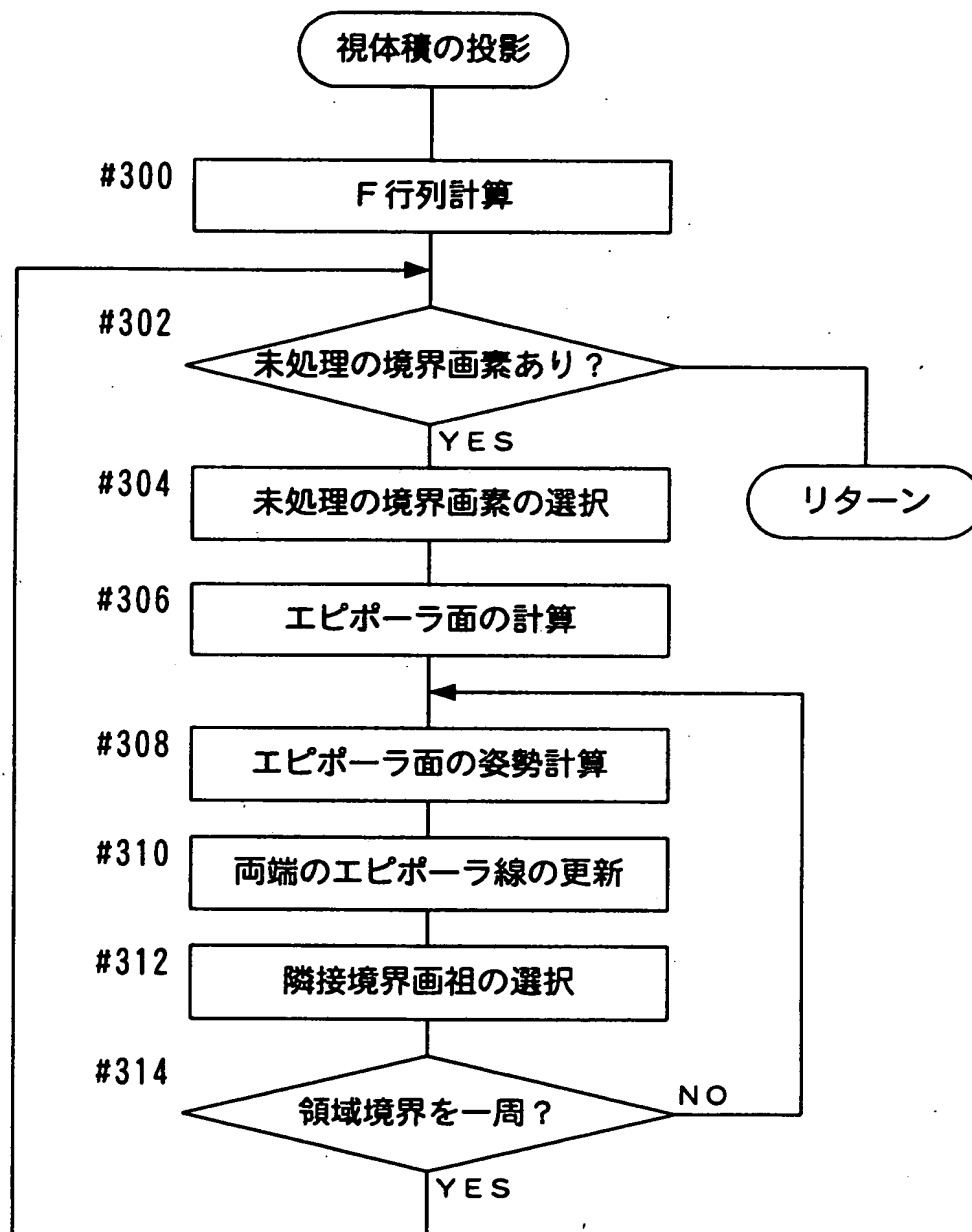


【図 6】

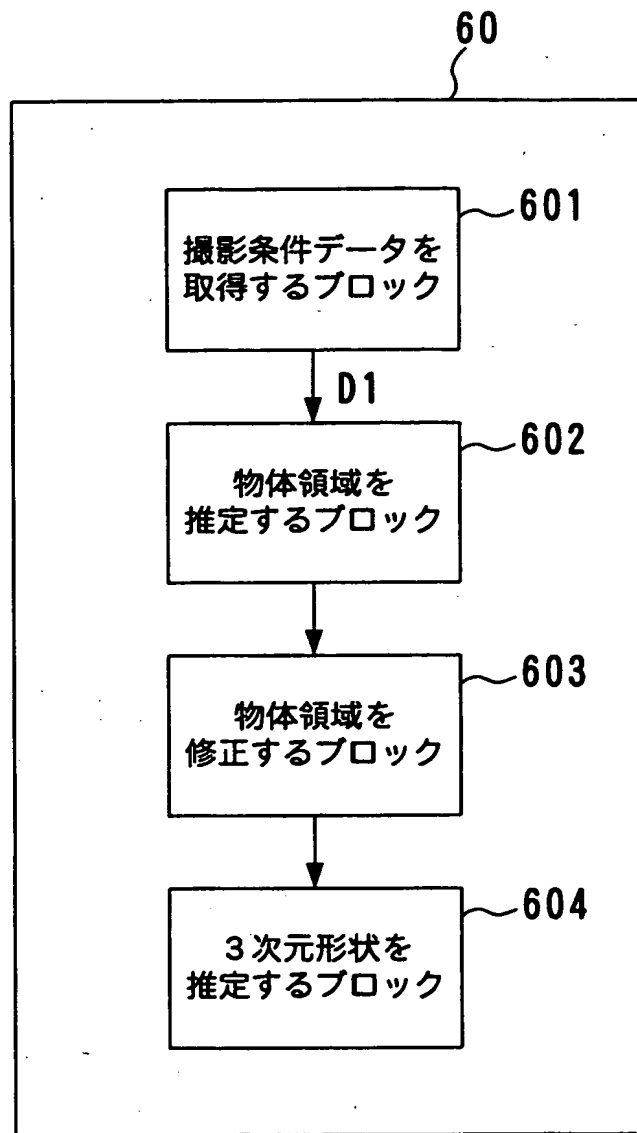




【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 複数の画像について領域抽出を行う際の総所要時間の短縮を図る。

【解決手段】 物体を視点を変えて撮影して得た複数の画像から、物体に対応した部分である物体領域を抽出する画像データ処理を、複数の画像を撮影したときのカメラと物体との相対位置関係および結像に係る光学パラメータを示す撮影条件データを取得するステップと、1つの画像における物体領域を、他の画像から抽出された物体領域および当該他の画像に係る撮影条件データに基づいて推定するステップとで構成する。

【選択図】 図 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006079]

1. 変更年月日 1994年 7月20日

[変更理由] 名称変更

住 所 大阪府大阪市中心区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル

氏 名 ミノルタ株式会社